

"IL TITANIO NELLE APPLICAZIONI NAVALI"

La principale caratteristica del titanio e sue leghe, elevato rapporto resistenza a rottura o snervamento/peso specifico, ha attratto l'interesse dei progettisti navali fin dagli anni '50.

Peraltro l'elevato costo e le difficoltà sulle lavorazioni ne hanno frenato l'impiego in vasta scala su costruzioni convenzionali, limitandolo in genere a quelle applicazioni per le quali le sue caratteristiche pongono i costi in secondo piano.

In queste note si riporta un flash sui tipi di lega impiegati e sulle principali applicazioni relativi all'ambiente marino, note che non derivano da una esperienza diretta, ma da un panorama bibliografico presentato negli ultimi congressi dell'"International Ship Structure Congress".

Si tralascia di trattare argomenti quali sistemi di produzione, lavorazione, taglio saldatura, più autorevolmente trattati da altri presentatori.

L'ambiente marino richiede materiali che ad una elevata resistenza associno buona tenacità, buon comportamento alla corrosione e assenza di suscettibilità a corrosione sotto tensione.

Nella lega  $Ti6Al2ClTa0,8Mo$  risultano associate tali caratteristiche per cui essa è stata impiegata dalla US Navy per la costruzione del sommergibile da ricerca ALVIN, costituito da sfera di 2,12 m di diametro e 76 mm di spessore. Trattasi di sfera realizzata mediante saldatura circonferenziale, con procedimento a fascio elettronico in camera di 12 m, di due semigusci ottenuti per forgiatura a caldo.

Il sistema di saldatura adottato è risultato particolarmente rapido (20 minuti) se si considera che un procedimento di saldatura convenzionale all'arco elettrico avrebbe richiesto 178 ore.

Il sistema di zavorra dello stesso sottomarino è stato realizzato in 15 sfere di 0,6 m di diametro in lega Ti6Al4V, fabbricate unendo con saldatura TIG forgiati emisferici sottoposti prima a trattamento di distensione.

Progettato per una profondità operativa di 1800 m, dopo 3 anni di servizio e circa 220 immersioni è stato sottoposto ad ispezione con esito soddisfacente non emergendo degradazione strutturale.

Leggero pitting è stato riscontrato su strutture in alluminio pitturate e pitting un po' maggiore in elementi contigui in acciaio inossidabile; pitting localizzato in vicinanza di tubi in titanio non pitturati. Nonostante l'elevato potenziale catodico degli elementi in titanio che non erano pitturati, la resistenza dell'alluminio pitturato è stata soddisfacente. Le parti in alluminio sono state comunque sostituite con altre in titanio.

Altra lega che si è dimostrata idonea per impiego marino è la Ti6Al4V ELI analoga alla precedente ma a bassissimo contenuto di elementi interstiziali. Essa è stata utilizzata nello stesso periodo per le sfere di zavorra di veicoli di ricerca sottomarina a forte profondità DSRV-1 e 2 sfere di diametro 0,61 m, spessore 10,7 mm.

In tali mezzi la lega è stata utilizzata anche per gli anelli di rinforzo e i sistemi di afferraggio.

La lega a basso contenuto di elementi interstiziali risulta particolarmente interessante per il suo migliore comportamento alla corrosione in acqua di mare.

Per quanto riguarda la corrosione per effetto dell'attrito dell'acqua di mare tali leghe hanno fornito risultati sostanzialmente coincidenti con quelli ottenuti in materiali quali Inconel 625 e lega 17-4PH.

Una positiva sperimentazione di questa lega è stata fatta nel 1974 con l'impiego negli alettoni stabilizzatori di aliscafi a idrogetto, sia per quanto riguarda la corrosione sotto tensione che galvanica anche in prossimità di componenti in alluminio.

La Boeing ha pertanto iniziato ad usare il titanio in via sperimentale in strutture di rinforzo ed a realizzare in lega di titanio i bracci degli aliscafi.

Per l'unione di queste strutture la Boeing preferisce alla saldatura il sistema meccanico a causa dei possibili problemi legati alla riparazione delle saldature in esercizio.

Analogamente la Boeing ha impiegato (1977) tale lega nei propulsori a getto dei loro SES-100A quantunque all'epoca della costruzione l'uso del titanio sia stato ritenuto troppo costoso.

Analogamente prevedeva di usare per i ventilatori di veicoli a cuscino d'aria la lega Ti6Al4V ELI date le sue migliori caratteristiche di tenacità sotto intaglio in ambiente corrosivo marino ( $K_{ISSC}$ ) e migliore comportamento alla propagazione delle crine.

Per propulsori a getto era stato previsto l'uso anche di fusi in titanio puro.

Altri componenti prototipo in titanio hanno avuto positivo comportamento in servizio: principalmente corpi valvole, alberi di propulsione, timoni, eliche, palette per i primi due stadi di turbine di propulsione. Applicazioni queste su imbarcazioni di superficie ad alta velocità in cui esigenze di leggerezza sono predominanti.

Non risultano per tali applicazioni segnalazioni di non soddisfacente comportamento in servizio.

Per quanto riguarda l'impiego di titanio in altri paesi le notizie sono scarse.

Una lega al 5,75-6,75 Al, 3,5-4,5 V, Fe<0,4%, C<0,1%, N<0,07, O<0,25%, H<0,015% resto Ti è stata impiegata in Giappone per assi port'elica di siluranti veloci. Tale lega ha una resistenza a rottura di  $\approx 90 \text{ kg/mm}^2$  e snervamento di  $80 \text{ kg/mm}^2$ .

Viene segnalato inoltre che in Giappone è stato sviluppato soprattutto l'impiego di prodotti non sotto forma di lega. La lega Ti6Al4V è stata impiegata per assi port'elica di siluranti e aliscafi; altra applicazione su componenti di scambiatori di calore di batterie di raffreddamento.

Per l'Unione Sovietica, larga produttrice di titanio, le notizie sono scarse e gli usi citati riguardano batisfere e sottomarini, aliscafi e veicoli a cuscino d'aria per eliche, dischi, turbina, motori a idrogetto.

Per quanto riguarda infine il campo off-shore viene segnalato l'uso di leghe di titanio per la realizzazione dei manicotti di unione di elementi dei riser di piattaforma mobili.

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri si segnala che per incrementare l'uso del titanio si intravedono due approcci: o migliorare ulteriormente le caratteristiche e l'affidabilità in modo da giustificare l'alto costo ovvero ridurre l'attuale costo con l'apporto di miglioramenti nei processi di produzione e lavorazione.

Occorre peraltro richiamare l'attenzione che all'aumentare del livello di prestazioni cui questi materiali sono sottoposti e l'alto grado di affidabilità richiesto, possono richiedere un approccio più affinato circa i criteri di controllo della frattura tenendo conto dei fattori quali la nucleazione di cricche di fatica, la velocità della loro propagazione, la dimensione ammissibile sia nella fase dei controlli iniziali che nella fase di ispezione e manutenzione in esercizio.